

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 886 851**

51 Int. Cl.:

**C21D 9/56** (2006.01)

**F27D 99/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2018 PCT/EP2018/064082**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2019 WO19011519**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2018 E 18728130 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.06.2021 EP 3652354**

54 Título: **Procedimiento para la reducción de los óxidos de nitrógeno en los hornos de tratamiento de cintas**

30 Prioridad:

**13.07.2017 AT 505842017**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**21.12.2021**

73 Titular/es:

**ANDRITZ TECHNOLOGY AND ASSET  
MANAGEMENT GMBH (100.0%)  
Stattegger Strasse 18  
8045 Graz, AT**

72 Inventor/es:

**BORREL, PIERRE-JEROME;  
BLAKE, ERIC y  
HAMMAN, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 886 851 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la reducción de los óxidos de nitrógeno en los hornos de tratamiento de cintas

- 5 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento de tratamiento térmico de una cinta metálica en un horno de combustión directa y, posteriormente, en un horno calentado por medio de tubos radiantes.
- 10 El documento ES 10 2013 105 543 A1 divulga un horno para el tratamiento de una cinta metálica con una zona de precalentamiento. La zona de precalentamiento se calienta con los gases de combustión de los quemadores del horno. La cinta metálica se calienta aquí en una atmósfera de gas inerte/gas de reacción, por lo que los gases de escape de la combustión no deben introducirse libremente en la carcasa del horno.
- 15 El documento US 4.760.995 divulga un horno con una zona de combustión directa y una zona de combustión indirecta posterior, en donde los gases de escape de la zona de combustión directa se introducen de forma conocida en un postquemador.
- 20 Este tratamiento térmico de las cintas metálicas se realiza a menudo antes de la galvanización de una cinta metálica o también en hornos de recocido después de una línea de decapado.
- 25 En un horno de combustión directa (DFF, del inglés "direct fired furnace"), los quemadores están situados directamente en el interior del horno.
- 30 Con este horno se puede conseguir una oxidación selectiva de la superficie de la cinta de acero. Ajustando el valor lambda del gas del quemador, se pueden cambiar las condiciones atmosféricas de oxidativas a reductoras. De este modo, se puede controlar de manera selectiva la oxidación de la superficie de la cinta de acero.
- 35 A continuación, el tratamiento térmico se realiza a menudo en un horno de calentamiento indirecto (RTF, del inglés "radiant tube furnace"), en el que el calentamiento de la cinta metálica se realiza por medio de radiación térmica con la ayuda de tubos de radiación calentados. Los tubos de radiación individuales se calientan de manera conocida desde el interior mediante quemadores. Los gases de escape de los quemadores de tubo radiante se devuelven (recirculan) en parte (< 30 %) al quemador respectivo para optimizar la combustión. Esta recirculación de los gases de escape es un procedimiento muy eficaz para reducir las temperaturas máximas de la llama y, por lo tanto, da lugar a una reducción de la formación de óxidos de nitrógeno. Sin embargo, la mayor parte de los gases de escape son conducidos a un intercambiador de calor y, finalmente, a través de una chimenea son descargados al aire libre.
- 40 Los quemadores de los hornos de fuego directo suelen funcionar con gas (gas natural o gas de horno de coque). Los gases de escape de los quemadores son llevados a una cámara de postcombustión equipada con un quemador, donde se produce la postcombustión.
- 45 Tanto en la combustión en los quemadores de la zona de combustión directa como en la postcombustión se producen óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que están contenidos en los gases de escape. El término óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se refiere a la suma de los óxidos de nitrógeno producidos durante el proceso de combustión. Los compuestos NO y NO<sub>2</sub> suelen ser los más importantes. Los NO<sub>x</sub> pueden producirse durante la conversión del combustible o bien directamente a partir del aire de combustión debido a las altas temperaturas del proceso. Así, la formación de NO<sub>x</sub> se ve muy favorecida a altas temperaturas de combustión. Los nuevos quemadores de gas desarrollados ya han reducido considerablemente las emisiones de óxidos de nitrógeno.
- 50 Ya se están aplicando diversas medidas para reducir la formación de los óxidos de nitrógeno durante la postcombustión. Una de las medidas se refiere a la reducción de la temperatura de combustión en la cámara de postcombustión mediante la ampliación de la zona sin combustión del horno. Los gases de escape calientes de los quemadores entran en la cámara de postcombustión a través de esta zona. Debido a la ampliación de la zona, los gases de escape se enfrían más antes de la postcombustión y desciende la temperatura en la cámara de postcombustión. Otra forma de mantener la temperatura baja durante la postcombustión es suministrar aire de combustión que no haya sido precalentado. A pesar de estas medidas, durante la postcombustión se forman óxidos de nitrógeno .
- 55 Las directivas relativas a las emisiones de óxido de nitrógeno son cada vez más estrictas, por lo que sería totalmente deseable una mayor reducción.
- 60 Por lo tanto, la invención tiene como objetivo proporcionar un proceso rentable con el que se puedan reducir aún más las emisiones de óxido de nitrógeno en las instalaciones de tratamiento de cintas.
- 65 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1 de la patente.

De acuerdo con la invención, los gases de escape son alimentados, al menos en parte, desde los tubos radiantes a un quemador del horno de combustión directa.

5 Los gases de escape de los tubos de radiación contienen dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O). Estas moléculas pesadas tienen una gran capacidad de absorción de calor. Con ello, estas moléculas pueden absorber parte del calor de la combustión, con lo cual se reducen los picos de temperatura durante la misma y, por lo tanto, la formación de NO<sub>x</sub>.

10 Preferentemente, los gases de escape de los tubos radiantes se enfrían antes de ser introducidos en el horno de combustión directa. Este enfriamiento puede realizarse mediante intercambiadores de calor o mediante la mezcla con aire.

15 Es conveniente que una parte de los gases de escape procedentes de los tubos radiantes se suministre a la cámara de postcombustión, preferentemente al aire de combustión para el o los postquemadores. Esto ralentiza el proceso de combustión y reduce la temperatura de combustión.

20 Sin embargo, los gases de escape también se pueden mezclar en la llama del postcombustión o en el combustible gaseoso del postquemador.

También es concebible que una parte de los gases de escape procedentes de los tubos radiantes se mezclen con el aire de combustión para los quemadores de la zona de combustión directa; esto también conduce a una igualación de la temperatura de combustión.

25 Por ejemplo, la parte de los gases de escape procedentes de los tubos radiantes puede conducirse al menos a un quemador del tipo "Nozzel Mix". En este tipo de quemadores, el aire de combustión y el gas del quemador se mezclan directamente en la boquilla del quemador.

30 A menudo, delante de la zona de combustión directa, cuando se ve en la dirección del recorrido de la cinta, el horno de combustión directa tiene una zona sin combustión. Los gases de escape de la zona de combustión fluyen a través de esta zona y de este modo calientan la cinta metálica. Solo entonces se produce la postcombustión de los gases de escape en la cámara de postcombustión. Es ventajoso si se inyecta metano (CH<sub>4</sub>) en los gases de escape en la zona sin combustión. Con ello, el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape se convierte, al menos en parte, en ácido cianhídrico (HCN) (requemado).

35 A continuación, para descomponer el ácido cianhídrico formado, se puede inyectar aire u oxígeno en la cámara de postcombustión, con lo cual el ácido cianhídrico se descompone de nuevo.

40 Preferentemente, se añade nitrógeno al metano antes de inyectarlo en la zona sin combustión. Mediante la adición de nitrógeno, el metano se puede mezclar mejor con los gases de escape. La mezcla y la inyección de metano y de nitrógeno puede realizarse con la ayuda de boquillas Venturi. La relación entre el metano y el nitrógeno puede ser del orden de 1:10.

45 El metano se puede inyectar en varios puntos de la zona sin combustión, que se encuentran a diferentes distancias del quemador más cercano.

Es favorable que entre el 5 % y el 20 % de los gases de combustión de los tubos radiantes se dirijan a la estufa de encendido directo.

50 A continuación se describen tres ejemplos de realización de la invención con referencia a los dibujos. Se muestra:

55 La Fig. 1 es una vista esquemática de un horno de combustión directa (DFF) en el que los gases de escape del horno de tubo radiante (RTF) son introducidos en la cámara de postcombustión;

Fig. 2 una vista esquemática en la que los gases de escape se conducen a los quemadores del horno de combustión directa;

60 La figura 3 es una combinación de las figuras 1 y 2, en la que se inyecta o se insufla el metano adicionalmente en la zona sin combustión del DFF.

Los símbolos de referencia idénticos en las distintas ilustraciones designan partes idénticas del sistema.

65 En la figura 1 se muestra un diagrama esquemático de un sistema para el tratamiento térmico de una cinta metálica 5. La cinta metálica 5 pasa primero por un horno de combustión directa (DFF) 1 y luego por un horno de tubo radiante (RTF) 10 calentado con tubos radiantes. La cinta metálica 5 entra en el horno de combustión

directa 1 por la parte inferior a través de una esclusa de gas 12 y discurre ascendiendo en la dirección 21. En esta zona, la cinta metálica 5 es calentada previamente por medio de los gases de escape calientes procedentes de la cámara de postcombustión 9. En la sección superior del horno, la cinta metálica 5 es desviada por los rodillos de desviación 11 y pasa a través de la zona sin combustión 7, que está situada directamente por delante de la zona de combustión 2.

La zona sin combustión tiene una longitud de varios metros y se usa para el calentamiento previo de la cinta metálica 5, con lo cual también enfría los gases de escape procedentes del quemador caliente 14. La zona sin combustión 7 se entiende aquí como la zona que se encuentra por delante de la zona de combustión 2, vista en el sentido de la marcha de la cinta 21, y en la que no hay dispuesto ningún quemador.

En la zona calentada 2 del horno 1, la cinta metálica 5 se calienta con la ayuda de quemadores de gas. La cinta metálica 5 pasa primero por una zona 3 en la que están dispuestos quemadores del tipo "Nozzle Mix" en la pared del horno y a continuación por una zona 4 con quemadores del tipo "Premix".

Los gases de escape 14 formados por los quemadores de gas en la zona de combustión directa 2 fluyen hacia arriba en el horno 1 y allí son conducidos de manera conocida a través de una abertura 6 a la cámara de postcombustión 9, en la que está dispuesto un postquemador 20 para la postcombustión de los gases de escape 14. En el proceso, esencialmente el monóxido de carbono (CO) y el hidrógeno (H<sub>2</sub>) contenidos en los gases de escape 14 se queman (o se oxidan por completo). La cinta metálica 5 no pasa por la cámara de postcombustión 9. Después, los gases de escape de la cámara de postcombustión 9 son conducidos de nuevo, a través de la abertura 8, a la zona del horno por la que pasa la cinta metálica 5. En la parte inferior del horno 1, los gases de escape 14 son conducidos a un sistema de recuperación de calor 13.

En el extremo inferior del horno 1, la cinta metálica 5 es desviada con ayuda del rodillo de desviación 11 y es conducida hasta el horno 10 calentado con tubos radiantes. El recorrido de la cinta en el horno 10 no se muestra aquí ya que es accesorio para la invención.

Es esencial para la presente invención que los gases de escape 16 procedentes de los tubos radiantes sean conducidos, al menos en parte, al horno de combustión directa 1.

En el presente ejemplo, estos gases de escape 16 se recogen a través de un colector 15 y se introducen en el postquemador 20 a través de un soplador 17. Los gases de escape 16 se mezclan con el aire de combustión 18 por delante del postquemador 20. El suministro de los gases de combustión se lleva a cabo a través de la línea 19. Los gases de escape 16 absorben una parte del calor de la combustión, con lo cual se reducen los picos de temperatura durante la postcombustión y, por lo tanto, se evita la formación de NO<sub>x</sub>.

En la figura 2, los gases de escape 16 procedentes del horno calentado por tubos radiantes 10 se introducen, al menos parcialmente, en los quemadores del horno de combustión directa 1. En el presente ejemplo, se mezclan previamente con el aire de combustión 22. Además, a los quemadores se les introduce combustible gaseoso 23. Esto también conduce a una reducción de los óxidos de nitrógeno, ya que por medio del suministro de gases de escape 16 se reducen los picos de temperatura en los quemadores .

La figura 3 muestra un ejemplo de realización en el que los gases de escape del RTF 10 son introducidos en la cámara de postcombustión 9 y en los quemadores del horno de combustión directa 1. Además, para reducir aún más el contenido de óxidos de nitrógeno, se inyecta metano (CH<sub>4</sub>) en la zona sin combustión 7 del horno 1 a través de los conductos de suministro 24 o se insufla con ayuda de nitrógeno. El metano se mezcla con los gases de escape calientes y los óxidos de nitrógeno reaccionan con el metano para formar ácido cianhídrico. Con este objetivo también es posible usar un quemador convencional, en el que el aire de combustión es sustituido por nitrógeno.

La inyección de metano puede realizarse en varios lugares a diferentes distancias de la zona de combustión directa 2, por ejemplo a distancias de 1 m, 2 m y 3 m del quemador más cercano.

La inyección de gas metano puede adaptarse fácilmente a las instalaciones existentes para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno. Con el presente procedimiento, se pueden alcanzar valores de NO<sub>x</sub> en el orden de 100 mg/Nm<sup>3</sup> o menos.

Las cantidades de gas metano requeridas pueden ser relativamente pequeñas. Para un horno 1 disponible en el mercado, puede ser suficiente con tan solo 5 m<sup>3</sup>/h. Es lógico que esta zona sin combustión 7 esté en gran medida libre de oxígeno (contenido de O<sub>2</sub> < 0,05 %) para que no reaccione con el metano inyectado. Para asegurar esta ausencia de oxígeno, se pueden hacer funcionar al menos los quemadores más cercanos con un exceso de combustible para que primero se quemara el oxígeno potencialmente presente .

Para descomponer el ácido cianhídrico tóxico, se introduce oxígeno (O<sub>2</sub>) o aire en la cámara de postcombustión 9 a través de las tuberías 25, con lo que el ácido cianhídrico reacciona para formar nitrógeno (N<sub>2</sub>), dióxido de carbono e hidrógeno o vapor de agua.

El procedimiento según la invención puede, por supuesto, usarse también en una configuración de horno horizontal.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para el tratamiento de una cinta metálica (5), en donde la cinta metálica (5) es tratada primero térmicamente en un horno de combustión directa (1) y después se trata térmicamente de manera adicional en un horno (10) calentado con tubos radiantes, **caracterizado porque** al menos una parte de los gases residuales (16) de los tubos radiantes son conducidos a un quemador del horno de combustión directa (1).
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se enfrían los gases de escape (16), por ejemplo con ayuda de un intercambiador de calor, antes de ser introducidos en el horno de combustión directa (1).
- 15 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el horno de combustión directa (1) presenta una cámara de postcombustión (9) en la que se queman posteriormente los gases de escape (14) procedentes del horno de combustión directa (1), conduciéndose a la cámara de postcombustión (9) al menos una parte de los gases de escape (16) procedentes de los tubos radiantes.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** una parte de los gases de escape (16) procedentes de los tubos radiantes son introducidos directamente en la cámara de postcombustión (9).
- 25 5. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** se mezcla una parte de los gases de escape (16), procedentes de los tubos radiantes, con el aire de combustión (18) para el postquemador (20) de la cámara de postcombustión (9).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** se mezcla una parte de los gases de escape (16), procedentes de los tubos radiantes, con el aire de combustión (22) para los quemadores de la zona de combustión directa (2).
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** se conduce al menos una parte de los gases de escape (16), procedentes de los tubos radiantes, a un quemador del tipo Nozzel Mix.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el horno de combustión directa (1), visto en el sentido de marcha de la cinta (21), tiene una región no calentada directamente (7) por delante de la zona calentada directamente (2), a través de la cual fluyen los gases residuales (14) de la zona calentada (2) y calientan allí previamente la cinta metálica (5), y en donde los gases de escape (14), aguas abajo de la zona no calentada (7), son quemados posteriormente en una cámara de postcombustión (9), inyectándose metano en los gases residuales (14) de la zona no calentada (7), por lo lo cual los óxidos de nitrógeno contenidos en los gases residuales (14) se convierten, al menos parcialmente, en ácido cianhídrico.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** se insufla aire u oxígeno (25) en la cámara de postcombustión (9), con lo cual el ácido cianhídrico se descompone al menos parcialmente.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el 5 % - 20 % de los gases de escape (16) de los tubos radiantes son introducidos en el horno de combustión directa (1).

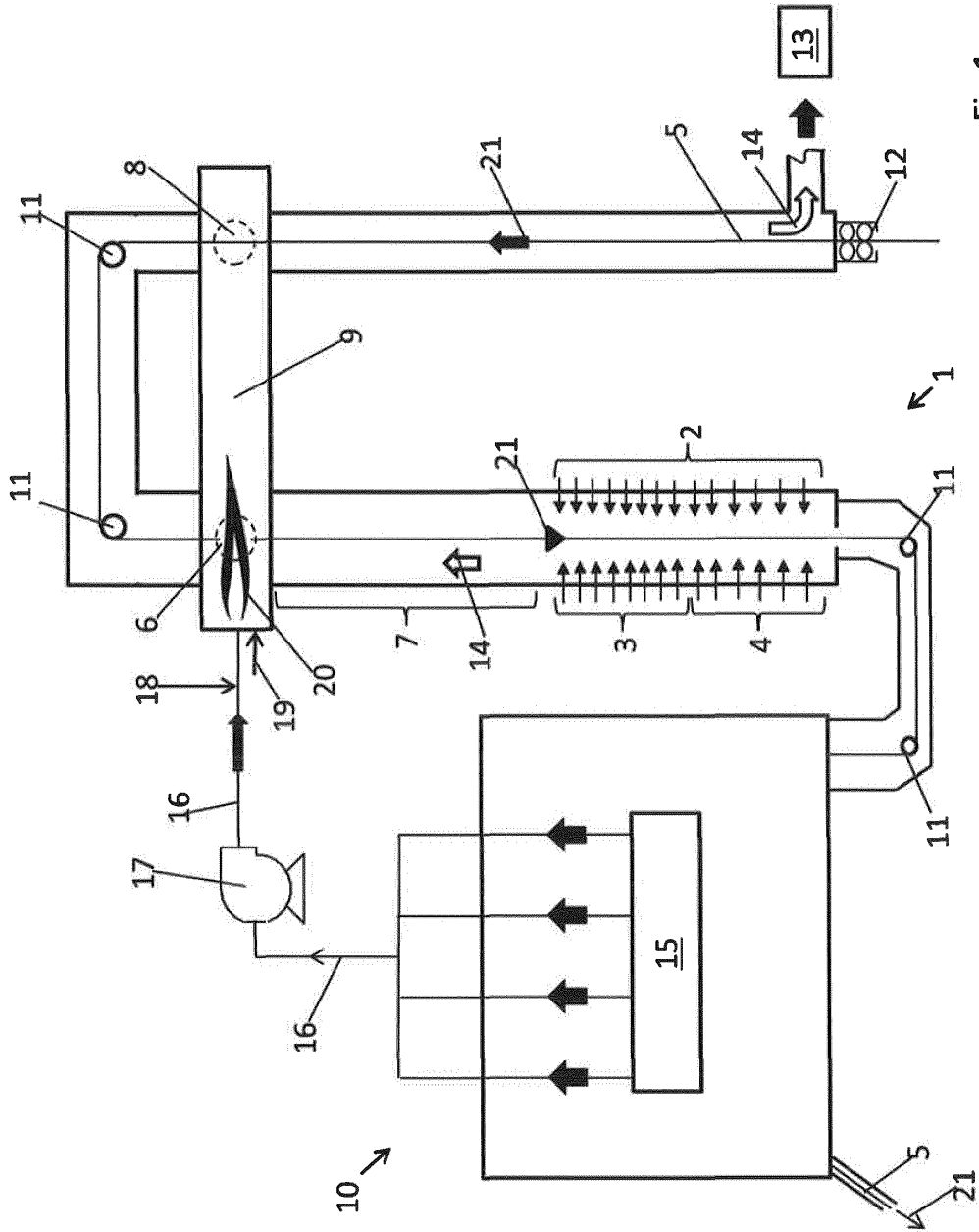


Fig.1

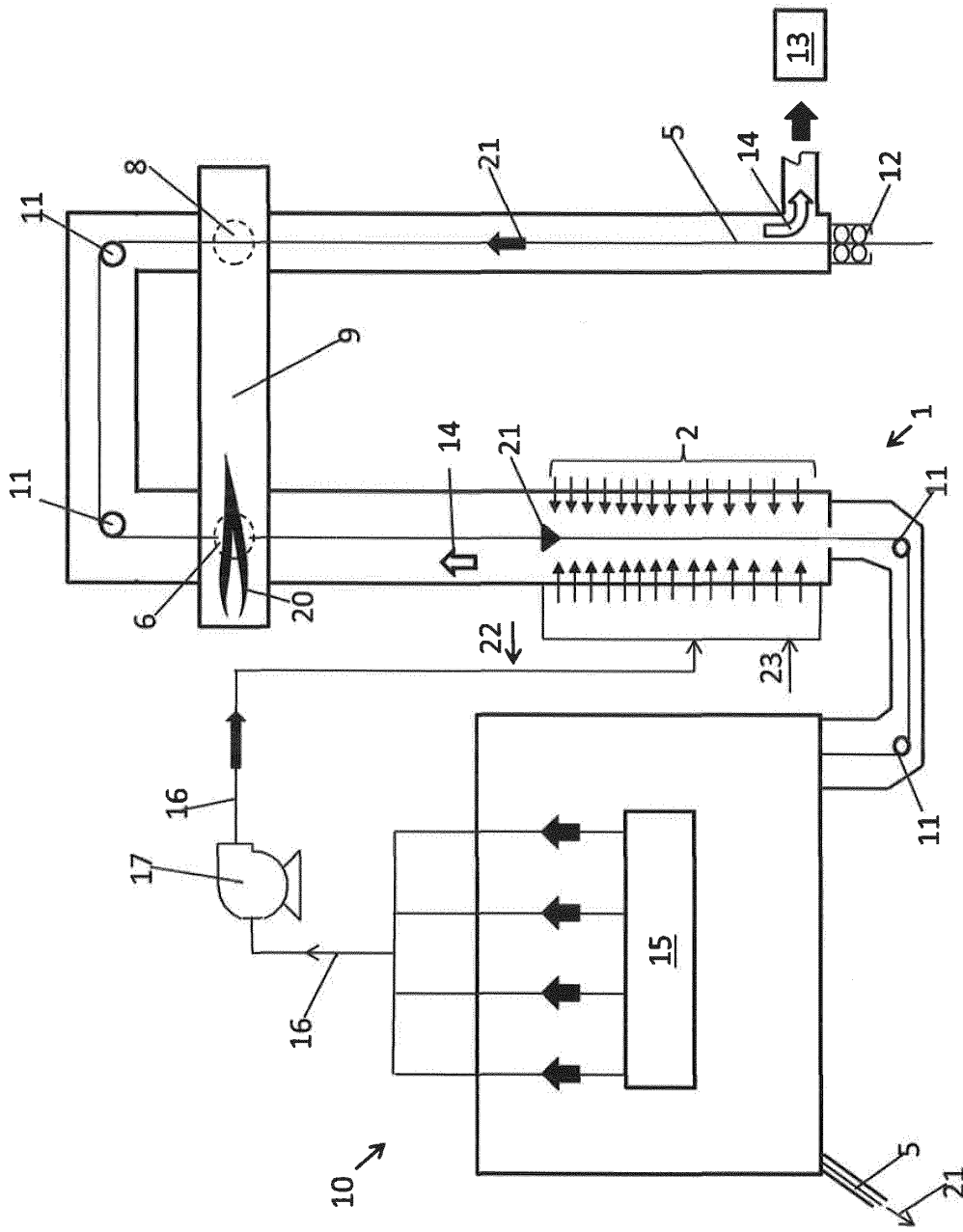


Fig.2

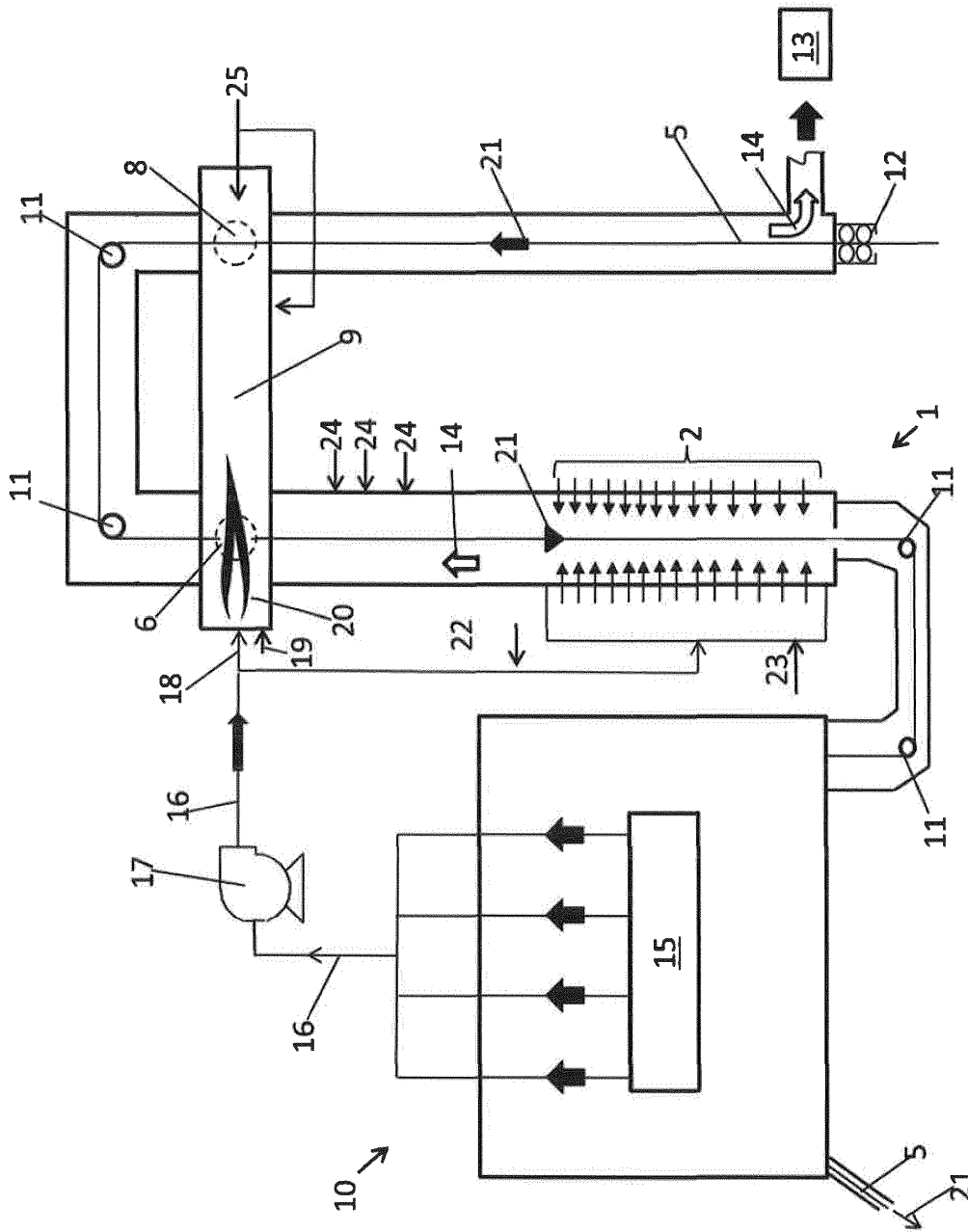


Fig.3